

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ЗАВДАННЯ

ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

з дисципліни

«ГЕОДЕЗІЯ»

Модуль 3. «Геодезичні мережі»

(для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання
напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»)

Харків
ХНАМГ
2010

Методичні вказівки та завдання до самостійної роботи з дисципліни «Геодезія». Модуль 3. «Геодезичні мережі» (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: І. С. Глушенкова. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 22 с.

Укладач: І. С. Глушенкова

Рецензент: к.т.н., доцент П. І. Лоцман

Рекомендовано кафедрою геоінформаційних систем і геодезії,
протокол № 3 від 18 листопада 2008 р.

ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійну роботу студента у модулі 3 дисципліни «Геодезія» присвячено вивченню додаткової теми «Загальні принципи побудови державної геодезичної мережі (ДГМ) колишнього СРСР» за літературними джерелами.

Для узагальнення уяви про відповідність геодезичних мереж колишнього СРСР на території України сучасним вимогам, пропонується порівняти вимоги до побудови державних геодезичних мереж колишнього СРСР та до створення Державної геодезичної мережі України.

Загальні принципи побудови державної геодезичної мережі СРСР наведено у наступних виданнях:

1. Геодезія / Загальна ред. С.Г. Могильного і С.П. Войтенка. – Донецьк, 2003. – 458 с. (стор. 144-159)
2. Геодезия. Учебно-практическое пособие / Куштин И.Ф. – М.: Издательство ПРИОР, 2001. – 448 с. (стор. 187-191)
3. Инженерная геодезия. Учебник / Куштин И.Ф., Куштин В.И. – Ростов-на-Дону: ФЕНИКС, 2002. – 416 с. (стор. 235-240)

Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (додаток А), розроблені з метою визначення референцної системи координат на території України і закріплення її пунктами Державної геодезичної мережі, набули чинності згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 844.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Виконання самостійної роботи слід починати з розгляду основних положень створення державної геодезичної мережі СРСР. Визначити і обґрунтувати головний принцип побудови ДГМ. З чого складаються переваги та недоліки ДГМ, побудованої в СРСР.

Потім треба перейти до розгляду основних положень побудови ДГМ України, наведених в додатку А.

Ознайомившись з основними положеннями створення державних геодезичних мереж 1966 та 1998 років, можна їх проаналізувати та стисло відповісти на наступні запитання:

- 1) Які спільні риси є в положеннях, що пройшли випробування часом і залишилися актуальними?
- 2) Які методи, засоби, принципи втратили своє значення і чому?
- 3) Які сучасні досягнення науки і техніки застосовують під час створення ДГМ України?

Результати вивчення і порівняння основних положень створення ДГМ оформити у вигляді реферату (до 5 сторінок).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Хто і коли розробив фундаментальну програму побудови державної тріангуляції СРСР?
2. Назвіть головний принцип побудови державних геодезичних мереж.
3. Що таке державна геодезична мережа?
4. Розкрийте призначення державних геодезичних мереж.
5. Назвіть складові частини державної геодезичної мережі СРСР.
6. Назвіть складові частини державної геодезичної мережі України.
7. Який метод побудови геодезичних мереж не було застосовано в СРСРі чому (порівняно з тими, що застосовуються нині)?
8. Назвіть методи побудови геодезичних мереж, які застосовують в Україні.
9. В якій системі координат визначають координати пунктів державної геодезичної мережі України?
10. Що впливає на вимоги щодо щільності пунктів державної геодезичної мережі України?
11. З яких етапів складається процес побудови державної геодезичної мережі України?

Основні положення створення Державної геодезичної мережі України

Загальні положення

1. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (далі — Основні положення) встановлюють загальні вимоги до принципів побудови і модернізації Державної геодезичної мережі України (далі — ДГМ), обстеження та оновлення її пунктів і математичної обробки результатів вимірювань.

Основні положення передбачають виконання робіт з використанням сучасних супутникових радіонавігаційних систем (GPS), комп'ютерних технологій, а також допускають використання традиційних геодезичних методів.

Вимоги Основних положень є обов'язковими для виконання всіма державними органами та суб'єктами підприємницької діяльності незалежно від форм власності і підпорядкування.

2. ДГМ — це сукупність її пунктів, рівномірно розміщених на території країни і закріплених на місцевості спеціальними центрами, які забезпечують їх збереження та стійкість у плані і за висотою протягом тривалого часу.

ДГМ є носієм геодезичної системи координат і висот України.

Складовими частинами ДГМ є планова і висотна геодезичні мережі, пункти яких повинні бути суміщені або мати між собою надійний геодезичний зв'язок.

Планова геодезична мережа складається з:

- астрономо-геодезичної мережі 1 класу;
- геодезичної мережі 2 класу;
- геодезичної мережі згущення 3 класу.

Висотна геодезична мережа складається з:

- нівелірної мережі I та II класів;
- нівелірної мережі III та IV класів.

ДГМ створюється для вирішення в інтересах господарської діяльності, науки й оборони країни таких основних завдань:

- встановлення єдиної геодезичної системи координат та висот на території країни;
- геодезичне забезпечення картографування території країни, акваторій морів та внутрішніх водойм;
- геодезичне забезпечення вивчення природних ресурсів та ведення державних кадастрів;
- забезпечення вихідними геодезичними даними засобів наземної, морської і аерокосмічної навігації, аерокосмічного моніторингу навколишнього середовища;
- вивчення фігури і гравітаційного поля Землі та їх змін у часі;
- вивчення геодинамічних явищ та сучасних вертикальних рухів земної поверхні;
- вивчення зон деформацій земної поверхні для уточнення карт загального сейсмічного районування;
- вивчення рухів полюсів та нерівномірності обертання Землі;
- метрологічне забезпечення високоточних технічних засобів визначення місцеположення і орієнтування.

Разом з ДГМ створюється державна гравіметрична мережа, а також геодезичні мережі спеціального призначення, які будуються за спеціальними програмами.

ДГМ та державна гравіметрична мережа є надбанням України. Для підтримання їх на сучасному рівні здійснюється комплекс науково-виробничих, матеріально-технічних та фінансових заходів.

Системи відліку координат і часу

3. ДГМ задає на всій території країни референцну систему координат і поширює з необхідною точністю і щільністю пунктів ДГМ загальноземну систему координат.

Положення пунктів ДГМ визначається в двох системах координат — загальноземній та референційній. Між обома системами встановлюється однозначний зв'язок, який визначається параметрами взаємного переходу (елементами орієнтування).

За загальноземну систему координат приймається геодезична референцна система 1980 року (GRS 1980) з параметрами еліпсоїда:

- велика піввісь еліпсоїда $a = 6\,378\,137$ м;
- стиснення еліпсоїда $f = 1:298,257$.

На перехідний період (до введення референційної системи координат України) для обчислення координат пунктів ДГМ залишається референцна система координат 1942 року (СК-42) з вихідними даними:

- референц-еліпсоїд Красовського - велика піввісь $6\,378\,245$ м,
- стиснення $1:298,3$;
- висота геоїда в Пулково над референц-еліпсоїдом дорівнює нулю;
геодезичні координати Пулковської обсерваторії (центр сигналу А):
- широта – $59^{\circ} 46' 15,359''$;
- довгота від Гринвіча – $30^{\circ} 19' 28,318''$;
- геодезичний азимут з Пулково на пункт Бугри - $121^{\circ} 06' 42,305''$.

Загальноземна й референцна система координат України, елементи орієнтування референційної системи координат відносно загальноземної системи координат вводяться в дію відповідним рішенням Кабінету Міністрів України.

Положення пунктів ДГМ у прийнятих відлікових системах задаються:

- просторовими прямокутними координатами X, Y, Z . Вісь X лежить у площині нульового меридіана, вісь Y — у площині екватора і спрямована праворуч від площини нульового меридіана, а напрямок осі Z збігається з віссю обертання відлікового еліпсоїда. Початком координат є центр відлікового еліпсоїда;
- геодезичними еліпсоїдальними координатами B, L, H ;
- плоскими прямокутними координатами x та y .

Плоскі прямокутні координати обчислюються на площині в конформній проекції Гаусса-Крюгера в шестиградусних зонах. Осьовими меридіанами шестиградусних зон є меридіани з довготами 21° , 27° , 33° , 39° .

Початком координат у кожній зоні є точка перетину осьового меридіана з екватором; значення ординати на осьовому меридіані приймається рівним 500 км.

У районах топографічної і кадастрової зйомки в масштабах 1:5000 і більше, крім прямокутних координат у шестиградусних зонах, обчислюються прямокутні координати в триградусних зонах. Осьовими меридіанами триградусних зон є меридіани з довготами 21° , 24° , ..., 39° .

Геодезичні мережі спеціального призначення можуть обчислюватись у місцевих системах координат, надійно зв'язаних з референчною системою координат 1942 року. Порядок введення місцевих систем координат встановлюється Головним управлінням геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України (Укргеодезкартографією).

Геодезичні висоти пунктів ДГМ визначають безпосередньо або обчислюються як сума нормальної висоти і висоти квазігеоїда над відліковим еліпсоїдом.

Нормальні висоти пунктів ДГМ визначають в Балтійській системі висот, вихідним пунктом якої є нуль Кронштадтського футштока.

Астрономічні широти і довготи, які визначаються на пунктах астрономо-геодезичної мережі 1 класу, обчислюються в екваторіальній астрономічній системі координат, що відповідає фундаментальному зоряному каталогу на епоху загального врівноваження ДГМ, і приводяться до Міжнародного умовного початку і системи астрономічних довгот Міжнародного Бюро Часу. До цих самих систем координат приводяться спостереження штучних супутників Землі та інших космічних об'єктів.

Для побудови ДГМ використовують атомний час, який задається шкалою державного еталону часу і частоти (з урахуванням поправок за перехід до системи міжнародного координованого часу).

Масштаб ДГМ задається Державним еталоном довжини — метром, за довжину якого приймається відстань, яку проходить світло у вакуумі за 1:299 792 458 долю секунди.

Метрологічне забезпечення геодезичних робіт здійснюється з використанням метрологічної бази Держстандарту шляхом створення мережі відомчих взірцевих базисів, основних довготних пунктів і еталонних азимутів.

Структура і точність ДГМ станом на 1997 рік

4. ДГМ станом на 1997 рік побудована відповідно до вимог Основних положень про державну геодезичну мережу СРСР 1954-1961 рр. та Основних положень про державну нівелірну мережу СРСР 1961 р. і включає до себе:

- ряди тріангуляції 1 класу;
- заповнюючі мережі тріангуляції і полігонометрії 1 та 2 класів;
- геодезичні мережі згущення 3 і 4 класів;
- нівелірні мережі I, II, III, IV класів.

ДГМ складається з 19538 пунктів, з яких 519 пунктів — 1 класу, 5386 пунктів — 2 класу і 13633 пункти — 3 і 4 класів, а також містить 90 геодезичних азимутів, визначених з астрономічних спостережень, 49 базисів та базисних сторін (10 сторін — 1 класу, 39 — 2 класу).

Точність астрономічних визначень характеризується такими середньоквадратичними помилками:

- астрономічної широти - 0.19",
- астрономічної довготи - 0.025",
- астрономічного азимута - 0.33".

Точність вимірювань базисних сторін характеризується відносними середньоквадратичними помилками:

- для 1 класу - 1:540 000 - 1: 1 710 000,
- для 2 класу - 1:203 000 - 1:13 400 000
- Точність вимірювань горизонтальних кутів в мережах 1, 2, 3 та 4 класів, обчислена за нев'язками трикутників, характеризується середньоквадратичними помилками 0.64" , 0.83", 1.19" і 1.54" відповідно, а точність кутових вимірювань, обчислена за нев'язками замкнутих фігур у полігонометрії, дорівнює 1.4" і 1.7" відповідно для пунктів 3 і 4 класу.

Точність лінійних вимірювань в геодезичній мережі згущення 3 і 4 класів характеризується такими відносними середньоквадратичними помилками:

- для пунктів 3 класу - 1:46 000 - 1:158 000,
- для пунктів 4 класу - 1:46 000 - 1:130 000.

Точність визначення взаємного положення пунктів ДГМ характеризується середньоквадратичною помилкою 0.196 метра.

Нормальні висоти верхніх марок центрів пунктів ДГМ визначено з геометричного або тригонометричного нівелювання.

Щільність пунктів ДГМ складає в середньому 1 пункт на 30 кв.км.

Висотна геодезична нівелірна мережа поділяється на:

- нівелірні мережі I, II класів;
- нівелірні мережі III і IV класів.

Лінії нівелювання I і II класів є головною висотною основою України. Їх прокладено переважно вздовж автомобільних доріг або залізниць та закріплено на місцевості віковими, фундаментальними, ґрунтовими, скельними та стінними реперами приблизно через кожні 5 км уздовж траси.

Характеристика головної висотної основи України наведена в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 - Кількість ліній нівелювання і їх довжина.

Клас	Кількість ліній	Довжина ліній, км		
		загальна	найбільша	найменша
I	29	11975.0	1301.9	70.7
II	62	11179.5	383.9	37.5

Таблиця 2 - Розподіл нев'язок у полігонах.

Клас	Кількість полігонів	Периметри полігонів, км		Нев'язки у полігонах, у відсотках до допустимих		
		найбільший	найменший	до 50	від 50 до 100	понад 100
I	18	2234.9	135.5	15	3	-
II	72	883.0	218.0	51	20	1

На території геодинамічних полігонів (Кримський, Карпатський, Бориславський), а також техногенних полігонів у районах атомних електростанцій і площадок родовищ корисних копалин створені нівелірні мережі у вигляді ліній нівелювання I і II класів, які є частиною комплексу наукових геофізичних досліджень. Вони служать для вивчення геодинамічних явищ та сучасних

вертикальних рухів земної поверхні. Вимірювання на цих полігонах проводилися декількома послідовними циклами через відповідні проміжки часу.

Нівелірні мережі III і IV класів заповнюють нівелірні полігони I і II класів і служать для забезпечення топографічної зйомки всіх масштабів та вирішення інженерних завдань.

Вся висотна геодезична мережа України урівноважена за методом найменших квадратів за принципом від загального до окремого. Вихідними при цьому були лінії нівелювання I і II класів загальної мережі СРСР, урівноважені у 70 роки Московським аерогеодезичним підприємством (перша черга).

Прокладені після 1977 року лінії нівелювання I і II класів урівноважені вставками між вихідними знаками, що одержали висоти при урівноважуванні ліній першої черги.

На всю територію України складені каталоги висот пунктів нівелювання I-IV класів, які систематизовані за листами карт масштабу 1:200 000. У каталогах уміщені висоти в Балтійській системі висот 1977 року.

Побудова планової геодезичної мережі

Астрономо-геодезична мережа 1 класу

5. Астрономо-геодезична мережа 1 класу (АГМ-1) будується у вигляді однорідної за точністю просторової геодезичної мережі, яка складається з системи рівномірно розміщених геодезичних пунктів, віддалених один від одного на 50-150 кілометрів.

АГМ-1 є геодезичною основою для побудови нових геодезичних мереж і забезпечення подальшого підвищення точності існуючої ДГМ з використанням методів супутникової геодезії.

Частина пунктів АГМ-1 являє собою постійно діючі станції GPS — спостережень та астрономо-геодезичні обсерваторії, на яких виконується комплекс супутникових астрономо-геодезичних, гравіметричних та геофізичних спостережень, що забезпечують безперервне відтворення загальноземної геодезичної системи координат та редукування результатів спостережень і координатних визначень на єдину епоху з урахуванням релятивістських ефектів, припливних та інших рухів земної кори.

Решта пунктів АГМ-1 — це фундаментально закріплені на місцевості пункти, положення яких періодично визначається в рамках довгострокової програми функціонування ДГМ.

Система координат, що задається пунктами АГМ-1, узгоджується на адекватному рівні точності з фундаментальними астрономічними (небесними) системами координат і надійно зв'язана з аналогічними пунктами різних держав у рамках узгоджених наукових проектів міжнародного співробітництва.

Просторове положення пунктів АГМ-1 визначається методами супутникової геодезії у загальноземній системі координат з відносною помилкою $Dp/p = 1:10^8$ (де Dp – середньоквадратична помилка визначення геоцентричного радіуса p пункту).

Кожний пункт АГМ-1 зв'язують GPS-вимірюваннями не менш як з трьома суміжними пунктами мережі.

Пункти АГМ-1 повинні бути вставлені в мережу високоточного нівелювання, що дозволяє визначати перевищення нормальних висот між суміжними пунктами АГМ-1 з середньоквадратичними помилками не більше 0.05 метра.

На кожному пункті АГМ-1 виконуються і періодично повторюються визначення відхилень вискових ліній з середньоквадратичною помилкою 0,5”.

Кількість пунктів АГМ-1 і їх розташування визначається програмою побудови ДГМ.

Геодезична мережа 2 класу

Геодезичну мережу 2 класу будують у вигляді однорідної за точністю просторової геодезичної мережі, яка складається з рівномірно розміщених геодезичних пунктів існуючої геодезичної мережі 1 та 2 класів, побудованих згідно з вимогами Основних положень про державну геодезичну мережу СРСР 1954-1961 рр., і нових пунктів, що визначаються відповідно до вимог цих Основних положень.

Геодезична мережа 2 класу є вихідною геодезичною основою для побудови геодезичної мережі згущення 3 класу та геодезичних мереж спеціального призначення з використанням методів супутникової геодезії та традиційних геодезичних методів.

Нові пункти геодезичної мережі 2 класу розміщують на відстані 8-12 км один від одного, а на території міських населених пунктів, великих промислових об'єктів — 5-8 км, їх положення визначається, як правило, відносними методами супутникової геодезії, а також традиційними геодезичними методами (тріангуляції, трилатерації, полігонометрії), які

забезпечують точність визначення взаємного положення пунктів з середньоквадратичними помилками величиною 0.03-0.05 метра при середній довжині сторін 10 кілометрів.

За вихідні пункти для визначення координат пунктів геодезичної мережі 2 класу приймають пункти АГМ-1. Група нових пунктів геодезичної мережі 2 класу, що визначаються, повинна мати зв'язок не менш ніж з трьома пунктами АГМ-1.

Основні вимоги до побудови геодезичної мережі 2 класу наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Основні вимоги до побудови геодезичної мережі 2 класу.

Параметри мережі	Методи побудови			
	GPS	тріану- ляція	полігоно- метрія	трила- терація
Периметр полігона, км			150-180	
Найбільша довжина ходу, км			60	
Довжина сторони, км				
найбільша	20	20	12	12
найменша	5	7	5	5
Кількість сторін у ході не більше	6		6	
Середньоквадратична помилка взаємного положення пунктів, м	0.03-0.05	0.03-0.05	0.03-0.05	0.03-0.05
Середньоквадратична помилка вимірювання кутів не більше, сек.		1".0	1".0	
Найбільша нев'язка трикутника, сек		4".0		
Кутова нев'язка ходу, сек			$2\sqrt{n}$	
Відносна помилка вимірювання сторони(базису) не менше, m/s	1:300000	1:300000	1:300000	1:300000
Середньоквадратична помилка вимірювання сторони не більше, м	0.03		0.03	0.03

Нормальні висоти марок верхніх центрів пунктів геодезичної мережі 2 класу повинні визначатись геометричним нівелюванням, яке забезпечує точність взаємного положення пунктів за висотою з середньоквадратичною помилкою не більше 0.05 метра. В гірській і важкодоступній місцевості нормальні висоти можуть визначатись тригонометричним нівелюванням або GPS — нівелюванням, яке виконується відносними методами супутникової геодезії з урахуванням висот квазігеоїда, отриманих з гравіметричних даних. У цьому випадку середньоквадратична помилка визначення взаємного положення суміжних пунктів за висотою не повинна перевищувати 0,20 метра.

На всіх нових пунктах геодезичної мережі 2 класу встановлюються по два орієнтирні пункти (ОРП) з підземними центрами на відстані від 500 до 1000 м (на забудованій та закритій місцевості не менше 250 м) обов'язково із забезпеченням видимості (земля — земля) між пунктом мережі і орієнтирним пунктом. Середньоквадратична помилка визначення відстані між орієнтирним пунктом і пунктом мережі не повинна перевищувати 0,05 метра. Середньоквадратичні помилки визначення дирекційних напрямків на орієнтирні пункти не повинні перевищувати 5".

Геодезична мережа згущення

Геодезичну мережу згущення 3 класу будують з метою збільшення кількості пунктів до щільності, яка забезпечує створення знімальної основи великомасштабних топографічних і кадастрових зйомок. Вона включає геодезичні мережі згущення 3 і 4 класів, які побудовані згідно з вимогами Основних положень про державну геодезичну мережу СРСР 1954-1961 рр., й нові мережі згущення, що визначаються згідно з вимогами цих Основних положень. Нові пункти геодезичної мережі згущення 3 класу визначаються відносними методами супутникової геодезії, а також традиційними геодезичними методами: полігонометрії, триангуляції та трилатерації. При цьому середньоквадратична помилка визначення взаємного положення пунктів у плані повинна бути не більше 0,05 метра.

Вихідними пунктами для побудови геодезичної мережі згущення 3 класу служать пункти астрономо-геодезичної мережі 1 класу і геодезичної мережі 2 класу.

У геодезичній мережі згущення 3 класу за можливістю повинна забезпечуватись видимість (земля — земля) між суміжними пунктами мережі, а в разі її відсутності на пункті закладається два ОРП згідно з вимогами цих Основних положень.

Під час визначення пунктів геодезичної мережі згущення 3 класу методом полігонометрії прокладаються поодинокі ходи або ходи з вузловими точками, які опираються на пункти більш високого класу.

Якщо відстань між пунктами, що належать до різних ходів, менше 2 км, здійснюється взаємний зв'язок таких ходів.

Основні вимоги до побудови геодезичної мережі згущення 3 класу наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Вимоги до побудови геодезичної мережі згущення 3 класу.

Параметри мережі	Методи побудови			
	GPS	тріангуляція	полігонометрія	трилатерація
Периметр полігона, км			70-90	
Найбільша довжина ходу, км			30	
Довжина сторони, км				
найбільша	10	8	8	8
найменша	2	5	2	2
Кількість сторін у ході не більше	6		6	
Середньоквадратична помилка взаємного положення пунктів, м	0.05	0.05	0.05	0.05
Середньоквадратична помилка вимірювання кутів не більше, сек.		6".0		
Найбільша нев'язка трикутника, сек		+1".5		
Кутова нев'язка ходу, сек			$3''\sqrt{n}$	
Відносна помилка вимірювання сторони (базису) не менше, m/s	1:200000	1:200000	1:200000	1:200000
Середньоквадратична помилка вимірювання сторони не більше, м			0.04	0.04

Нормальні висоти марок верхніх центрів пунктів геодезичної мережі згущення 3 класу повинні визначатися геометричним нівелюванням, яке забезпечує точність взаємного положення пунктів за висотою з середньоквадратичною помилкою не більше 0,05 метра. У гірській і важкодоступній місцевості нормальні висоти можуть визначатись тригонометричним нівелюванням або GPS — нівелюванням, яке виконується відносними методами супутникової геодезії з урахуванням висот квазігеоїда, отриманих з гравіметричних даних. У цьому випадку середньоквадратична помилка визначення взаємного положення суміжних пунктів за висотою не повинна перевищувати 0,20 метра.

Побудова висотної геодезичної мережі

6. Нівелірні мережі I і II класів є головною висотною основою країни, яка встановлює єдину систему висот на всій території України, а також служить для вирішення наукових завдань.

Нівелірні мережі III і IV класів створюються з метою згущення висотної основи для забезпечення топографічної зйомки всіх масштабів та вирішення інженерних завдань.

Нівелювання I класу виконують з найвищою точністю, яка досягається завдяки використанню найбільш сучасних приладів та методик спостережень з якомога повнішим виключенням систематичних помилок.

Нівелювання I класу здійснюється повторно за тими ж лініями не рідше ніж через 25 років, а в сейсмоактивних районах — через кожні 15 років.

Нівелірна мережа II класу створюється всередині полігонів I класу окремими лініями або системами з вузовими пунктами, утворюючи полігони з периметром 400 кілометрів.

Нівелювання II класу виконується з точністю, яка забезпечує отримання нев'язок у ходах та полігонах, за абсолютною величиною не більших ніж $5 \text{ мм} \sqrt{L}$, де L — периметр полігону або довжина ходу в кілометрах.

Лінії нівелювання I і II класів прокладаються переважно вздовж залізниць та автомобільних шляхів, а в разі необхідності — вздовж великих річок та інших трас з найбільш сприятливими ґрунтовими умовами і найменш складним рельєфом.

У лінії нівелювання I і II класів, які примикають до морів або прокладаються уздовж великих рік, водосховищ, озер, обов'язково включають основні і робочі репери, нулі рівневих рейок вікових і постійних морських, річкових і озерних рівневих постів. Лінії нівелювання III класу прокладаються всередині полігонів II класу так, щоб утворювались полігони з периметром 60-150 кілометрів.

Для забезпечення топографічної зйомки в масштабі 1:5 000 і більше лінії нівелювання III класу прокладають з розрахунком створення полігонів з периметром до 60 кілометрів.

Нівелювання III класу виконують з точністю, яка забезпечує отримання нев'язки в ході чи полігоні величиною не більше $10 \text{ мм} \sqrt{L}$, де L — довжина ходу або периметр полігона в кілометрах.

Нівелювання IV класу є згущенням нівелірної мережі III класу. Його виконують ходами довжиною не більше 50 км з точністю, яка забезпечує

отримання нев'язки в ході чи полігоні величиною не більше $20 \sqrt{L}$ мм, де L — довжина ходу або периметр полігона в кілометрах.

Вимірянні різниці висот пунктів нівелювання I і II класів слід виправляти поправками за непаралельність рівневих поверхонь.

Нівелірні мережі всіх класів закріплюються на місцевості реперами та марками, які закладаються не рідше ніж через 5 км (по трасі), у важкодоступних районах відстань між ними може бути збільшена до 7 кілометрів.

На всіх лініях нівелювання I і II класів не рідше ніж через 60 км, а також у вузлових точках, поблизу морських, основних річкових та озерних рівневих постів закладаються фундаментальні реperi.

У сейсмоактивних районах фундаментальні реperi закладаються не рідше ніж через 40 кілометрів.

Геодезичні мережі спеціального призначення

7. До геодезичних мереж спеціального призначення належать:

- просторові геодезичні мережі на геодинамічних полігонах;
- спеціальні геодезичні мережі для інженерно-геодезичного забезпечення будівництва, гірничої справи та інші мережі, які будуються відповідно до вимог технічних проектів, що розробляються різними відомствами для вирішення спеціальних завдань.

Геодезичні мережі спеціального призначення будуються за відносними методами супутникової геодезії, а також за традиційними методами триангуляції, трилатерації та полігонометрії.

У сейсмічних і техногенно активних районах країни на геодинамічних полігонах створюються просторові геодезичні мережі для вивчення сучасних рухів земної кори.

Кутові, лінійні, висотні, астрономо-гравіметричні вимірювання та супутникові спостереження у просторових геодезичних мережах виконуються з підвищеною точністю і приводяться до єдиної геодезичної системи для використання їх у процесі врівноваження ДГМ.

Створення геодинамічних полігонів, періодичність та точність геодезичних і гравіметричних вимірювань на них визначаються нормативно-технічними документами, які затверджуються Укргеодезкартографією.

Обстеження та оновлення пунктів ДГМ

8. Обстеження та оновлення геодезичних пунктів і нівелірних знаків ДГМ виконується для перевірки їх збереження на місцевості та підтримання в нормальному стані для використання під час виконання топографічних, геодезичних та інженерно-геодезичних робіт.

Польове обстеження геодезичних пунктів і нівелірних знаків полягає у відшукуванні їх на місцевості, визначенні стану центрів, зовнішніх знаків, ОРП та їх зовнішньому оформленні.

Оновлення геодезичних пунктів і нівелірних знаків передбачає виконання всіх робіт, необхідних для приведення їхніх центрів, зовнішніх знаків, ОРП та зовнішнього оформлення у відповідність до вимог діючих нормативних документів.

Визначення нових ОРП замість втрачених до складу робіт з оновлення пунктів не входить і в разі необхідності виконується за спеціальним завданням як модернізація та згущення пунктів ДГМ.

Геодезичний пункт вважається втраченим, якщо не збереглися ні верхній, ні нижній центри. Питання щодо виключення пунктів з каталогів розглядається Укргеодезкартографією з організацією, яка проводила обстеження. Втрата центра підтверджується даними інструментально-геодезичного пошуку.

Обстеження та оновлення геодезичних пунктів і нівелірних знаків у різних регіонах України виконується періодично залежно від необхідності, але не рідше ніж через 10 років, а на території міст та зон активної господарської діяльності не рідше ніж через 5 років.

Усі заново побудовані та оновлені геодезичні пункти і нівелірні знаки здаються за актами місцевим органам виконавчої влади, органам місцевого самоврядування, підприємствам, установам і організаціям чи фізичним особам — землекористувачам або землевласникам для нагляду за їх збереженням.

Математична обробка вимірів, каталогізація та зберігання геодезичних даних.

9. Результати вимірів, отримані в процесі побудови та модернізації геодезичних мереж, підлягають математичній обробці. Математична обробка виконується у три етапи: польові обчислення, попередні обчислення, врівноваження мереж з каталогізацією геодезичних пунктів і веденням банку

геодезичних даних. Програмне забезпечення для математичної обробки геодезичних вимірів на комп'ютерах повинно мати надійні та високі техніко-економічні показники. Незалежно від програмних засобів, які використовуються під час математичної обробки матеріалів, кінцевий результат обчислень має бути однозначним.

Польові обчислення виконуються в процесі роботи на геодезичному пункті. Вони передбачають обробку результатів вимірювань на кожному пункті та їх контроль згідно з допусками, встановленими відповідними нормативно-технічними документами.

Метою попередніх обчислень є імовірно-статистичний аналіз результатів вимірювань, оцінка їх точності й отримання необхідних даних для вирівнювання ДГМ, а саме:

- горизонтальних кутів (напрямів), довжин ліній та приростів координат, приведених до центрів геодезичних пунктів і редукованих на площину в проекції Гаусса-Крюгера;
- робочих координат пунктів геодезичної мережі;
- робочих висот пунктів та реперів геодезичної мережі.

Зрівноваження мереж і каталогізація геодезичних пунктів включає:

- спільне зрівноваження астрономо-геодезичної мережі 1 класу та геодезичної мережі 2 класу в загальноземній та референційній системах координат з визначенням елементів орієнтування між цими системами;
- зрівноваження геодезичних мереж згущення 3 класу;
- складання каталогів координат і висот геодезичних пунктів та науково-технічних звітів.

За результатами спільного вирівнювання геодезичних мереж складаються карти висот квазігеоїда. Нормальні висоти пунктів ДГМ повинні бути вирівняні окремо до початку спільного вирівнювання мереж.

На територію країни складають та видають каталоги пунктів ДГМ, до основного розділу (розділ А) яких заносять плоскі прямокутні координати всіх геодезичних пунктів, а до розділу Б — плоскі прямокутні координати пунктів розрядних і спеціальних геодезичних мереж, розміщені за межами населених пунктів.

Порядок і особливості каталогізації пунктів ДГМ регламентуються нормативно-технічними документами Укргеодезкартографії.

Результати вимірів і зрівноваження геодезичних і нівелірних мереж, координати й висоти геодезичних пунктів, інші кількісні та якісні характеристики елементів ДГМ, відомості про геодезичні знаки і центри пунктів зберігаються:

- у банку геодезичних даних Укргеодезкартографії і в банку геодезичних даних Міноборони на всю територію країни;
- у регіональних банках геодезичних даних на території, закріплені за виробничими підрозділами Укргеодезкартографії і військовими частинами Міноборони.

Структура і спеціальне програмне забезпечення регіональних банків повинні бути взаємоузгодженими з банком геодезичних даних, що знаходиться в Укргеодезкартографії.

Організаційні і науково — технічні заходи побудови ДГМ

10. Астрономо-геодезична мережа 1 класу і геодезична мережа 2 класу створюються згідно з програмою побудови ДГМ, затвердженою Укргеодезкартографією і погодженою з Міноборони.

Координацію науково-технічних заходів і виконання робіт із створення та модернізації ДГМ, підготовку кадрів і забезпечення підприємств астрономо-геодезичними і гравіметричними приладами та устаткуванням здійснює Укргеодезкартографія.

Програма побудови та модернізації ДГМ передбачає:

- побудову астрономо-геодезичної мережі 1 класу;
- модернізацію геодезичної мережі 2 класу;
- побудову та модернізацію геодезичної мережі згущення 3 класу;
- побудову та модернізацію висотних геодезичних мереж;
- обстеження та оновлення пунктів і знаків геодезичних мереж.

Модернізація ДГМ здійснюється з метою приведення існуючої мережі до однорідної за точністю і достатньої за щільністю пунктів і виконується на тих ділянках, де на основі обстеження пунктів на місцевості і результатів математичної обробки мереж встановлено, що:

- точність раніше виконаних спостережень або врівноважених елементів мережі нижча, ніж вимагають ці Основні положення;
- центри геодезичних пунктів втрачені або щільність пунктів геодезичної мережі недостатня для даного району;

- виявлено деформації земної поверхні внаслідок дії сейсмотектонічних і техногенних явищ.

Модернізація геодезичних мереж у районах землетрусів, що відбулися з магнітудою п'ять балів і більше, здійснюється в найкоротші терміни, а у вугільних басейнах і районах інтенсивного добування руд, газу, нафти та інших підземних розробок потреба модернізації обґрунтовується маркшейдерськими даними.

Виробничий цикл побудови ДГМ складається з таких видів робіт:

- проектування мережі;
- рекогноситування і побудова геодезичних пунктів;
- вимірювання елементів мережі;
- математична обробка вимірів;
- складання каталогів координат і висот геодезичних пунктів та нівелірних знаків.

Середня щільність пунктів ДГМ повинна бути не менше одного пункту на 30 кв. кілометрів. Подальше збільшення щільності пунктів ДГМ обґрунтовується розрахунками, виходячи з конкретних завдань топографо-геодезичного забезпечення території.

Для геодезичного забезпечення топографічної зйомки встановлюються такі норми щільності пунктів та реперів ДГМ:

- для зйомок в масштабі 1:25 000 і 1:10 000 — 1 пункт на 30 кв.км. і 1 репер на трапецію масштабу 1:10 000;
- для зйомки в масштабі 1: 5 000 — 1 пункт на 20-30 кв.км. і 1 репер на 10-15 кв. км.;
- для зйомки у масштабі 1: 2 000 і більше — 1 пункт на 5-15 кв.км. і 1 репер на 5-7 кв. км.

Для топографічної і кадастрової зйомки в масштабі 1:2 000 і більше на доповнення до пунктів ДГМ визначаються пункти розрядних та знімальних геодезичних мереж.

У разі використання супутникових геодезичних методів для визначення пунктів знімальних мереж можливе обґрунтоване зменшення щільності пунктів ДГМ.

Проектування геодезичних мереж виконується з урахуванням усіх раніше виконаних робіт.

Місця побудови геодезичних пунктів обирають таким чином, щоб забезпечувалось їх збереження і стійкість центрів у плані і за висотою протягом тривалого часу і щоб їх було зручно використовувати у практичній діяльності.

Типи центрів вибирають з урахуванням фізико-географічних умов району робіт, глибини промерзання ґрунтів, гідрогеологічного режиму та інших особливостей місцевості.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки та завдання до самостійної роботи з дисципліни «ГЕОДЕЗІЯ». Модуль 3. «Геодезичні мережі» (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій»).

Укладач: **Глушенкова** Ірина Сергіївна

Редактор *М. З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання *Н. В. Зражевська*

План 2009, 711 М

Підп. до друку 16.03.2010 р.

Формат 60×84 1/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,0

Тираж 50 пр.

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 731 від 19.12.2001